

WO 03/043188 A1



(84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(57) Zusammenfassung: Ein BAW-Resonator umfasst ein Substrat (102), eine erste Elektrode (108), die auf einer Oberfläche (106) des Substrats (102) angeordnet ist, eine piezoelektrische Schicht (112), die zumindest teilweise auf der ersten Elektrode (108) angeordnet ist, und eine zweite Elektrode (114), die zumindest teilweise auf der piezoelektrischen Schicht (112) und zumindest teilweise überlappend mit der ersten Elektrode (108) angeordnet ist. Um die zweite Elektrode (114) zu schützen, ist ferner eine Passivierungsschicht (128) auf der zweiten Elektrode vorgesehen.

Beschreibung

Passivierter BAW-Resonator und BAW-Filter

5 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf BAW-Resonatoren (BAW = Bulk Acoustic Wave = akustische Volumenwellen). Insbesondere bezieht sich die vorliegende Erfindung auf einen passivierten BAW-Resonator. Ferner bezieht sich die vorliegende Erfindung auf BAW-Filter, die solche BAW-Resonatoren umfas-
10 sen.

BAW-Resonatoren finden beispielsweise in Filtern in der Hochfrequenztechnik vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, wo sie existierende SAW-Filter (SAW = Surface Acoustic Wave = akus-
15 tische Oberflächenwelle) oder auch keramische Filter substituieren können. Eine beispielhafte Filterkonfiguration ist das Bandpassfilter, welches unter anderem in mobilen Kommunikationsgeräten eingesetzt wird. Für diesen Einsatz ist es bei SAW-Filtern erforderlich, dass diese hermetisch in einem Ge-
20 häuse eingebaut sind.

Dies gilt in gleichem Maße für BAW-Filteranordnungen, wie beispielsweise BAW-Bandpassfilter. Hermetische Gehäuse, z.B. Keramikgehäuse, für BAW-Filteranordnungen sind jedoch nach-
25 teilhaft, da diese nur aufwendig hergestellt werden können. Daher werden nicht-hermetische Gehäuse, z.B. Bei HF-Anwendungen übliche Kunststoffgehäuse, den hermetischen Gehäusen vorgezogen, da diese viel einfacher, kleiner und billiger herzustellen sind. Da es das Gehäuse ist, welches die
30 Filterherstellungskosten maßgeblich beeinflusst, ist die Verwendung von nicht-hermetischen Gehäusen wünschenswert und zwingend, um in der Zukunft Produktionskosten weiter einsparen zu können.

35 BAW-Filter bestehen aus Schaltungen, die unter Verwendung von BAW-Resonatoren aufgebaut wurden. Ein BAW-Resonator ist im Prinzip eine piezoelektrische Schicht, die zwischen zwei E-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

lektroden angeordnet ist. Beide Elektroden bestehen aus einer einzelnen Metallschicht oder einer mehrschichtigen Metallisierung. Typische piezoelektrische Materialien für die piezoelektrische Schicht (aktive Schicht) sind PZT (Blei-
5 Zirkonium-Titanat), ZnO (Zinkoxid) und AlN (Aluminiumnitrid). Typische Metalle, die für die Elektroden verwendet werden, schließen z.B. Al (Aluminium) und W (Wolfram) ein. Die Elektroden eines BAW-Resonators, haben vorzugsweise eine hohe Leitfähigkeit, um einen Resonatorstrom ohne signifikante ohmsche Verluste (parasitäre Effekte) zu führen. Da die Elektroden jedoch nicht nur eine elektrische Funktion haben, sondern gleichzeitig auch die akustischen Eigenschaften des Resonators mitbestimmen, kann ihre Optimierung nicht ausschließlich nach elektrischen Gesichtspunkten erfolgen. So wären z.B.
10 hinreichend dicke Al-Schichten geeignet, ohmsche (parasitäre) Verluste zu minimieren, wenn sie nicht andererseits durch ihre Belastung des Resonators wichtige Eigenschaften wie z.B. die Bandbreite verschlechtern würden. Auch nehmen die Elektroden Einfluß auf die Resonanzfrequenzen eines BAW-Resonators. Wird der BAW-Resonator in einem nicht-hermetischen Gehäuse verwendet, können sich Probleme mit der Zuverlässigkeit ergeben. Dies gilt insbesondere, wenn die oberste Schicht der oberen Elektrode aus Al oder einem anderen unedlen Metall besteht. In nicht-hermetische Gehäuse tritt, im Gegensatz zu
20 hermetischen Gehäusen, Feuchtigkeit ein. Diese Feuchtigkeit selbst muß die Elektrode noch nicht angreifen. Jedoch kommt es in dem nicht-hermetischen Gehäuse zu einer Kondensation der Feuchtigkeit, die z.B. bewirkt, daß sich Wassertröpfchen auf der Elektrode bilden. Bei Al-Elektroden z.B. kommt es zu
30 einer Reaktion (Korrosion), die zur Zersetzung der Elektrode führt, was wiederum zu einer Änderung der Resonatoreigenschaften (Frequenz, Güte, etc.) führt.

Um die gerade erwähnten Probleme zu vermeiden, sind im Stand der Technik lediglich Filteranordnungen, BAW-Filter oder SAW-Filter, bekannt, bei denen die Filterschaltung ein hermetisches Gehäuse aufweisen, was die oben dargelegten Probleme

mit sich bringt, nämlich die hohen Produktionskosten, sowie der mit der Herstellung verbundene Aufwand.

5 Ein weiteres Problem mit Wassertröpfchen ergibt sich während der Herstellung der BAW-Resonatoren, bei der im Regelfall eine Vielzahl einzelner BAW-Resonatoren auf einem Wafer gebildet werden, die gegen Ende der Herstellung vereinzelt werden. Hierbei werden die Wafer zersägt, wobei Kühl- oder Spülwasser zum Einsatz kommt, das die oben dargelegten Probleme mit sich
10 bringt, wenn es auf die Elektroden trifft.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, einen BAW-Resonator zu schaffen, der ohne hermetisches Gehäuse eine hohe Zuverlässigkeit
15 hat.

Diese Aufgabe wird durch einen BAW-Resonator gemäß Anspruch 1 gelöst.

20 Die vorliegende Erfindung schafft einen BAW-Resonator, mit einem Substrat,

einer ersten Elektrode, die auf einer Oberfläche des Substrats angeordnet ist;
25

einer piezoelektrischen Schicht, die zumindest teilweise auf der ersten Elektrode angeordnet ist;

30 einer zweiten Elektrode, die zumindest teilweise auf der piezoelektrischen Schicht und zumindest teilweise überlappend mit der ersten Elektrode angeordnet ist; und

einer Passivierungsschicht, die auf der zweiten Elektrode angeordnet ist, um die zweite Elektrode zu schützen.
35

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein BAW-Filter geschaffen, das einen oder mehrere der erfindungsgemäßen BAW-Resonatoren umfasst.

- 5 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass durch das Hinzufügen eines akustisch dünnen Passivierungsfilmes auf die Oberfläche der oberen Elektrode eines BAW-Resonators der erforderliche Schutz für die Elektrode erreicht werden kann. Diese zusätzliche Schicht ist nicht erforderlich, um eine ordnungsgemäße Funktion des BAW-Resonators zu erreichen, und sie ist auch nicht erforderlich um eine zuverlässige Operation zu erreichen, wenn der BAW-Resonator in einem hermetischen Gehäuse gehäust wird, wie beispielsweise in einem Keramikgehäuse mit einem aufgelöteten oder aufgeschweißten Metalldeckel.

- Erfindungsgemäß kann auf ein hermetisches Gehäuse verzichtet werden, und dennoch kann ein optimaler Schutz des BAW-Resonators erreicht werden, indem die obere Elektrode des BAW-Resonators durch einen dünnen Passivierungsfilm geschützt wird. Als Material für diesen Passivierungsfilm wird vorteilhafterweise Siliziumoxid oder Siliziumnitrid oder TiN (Titanitrid) verwendet. Edelmetalle, wie z. B. Gold oder Platin, können auch eingesetzt werden. Es ist wichtig, dass der Passivierungsfilm recht dünn ist, um eine Verschlechterung des Resonatorverhaltens, insbesondere der Bandbreite, zu vermeiden (Massenladungseffekt). Vorzugsweise wird der Passivierungsfilm bei dem Entwurf des BAW-Resonators schon berücksichtigt, um dessen akustischen Einfluß auf das Resonatorverhalten gering zu halten bzw. zu berücksichtigen. Die Dicke der Passivierungsschicht ist vorzugsweise zwischen 20 nm und 200 nm.

- Gemäß einem bevorzugten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird als piezoelektrisches Material für die piezoelektrische Schicht Aluminiumnitrid (AlN) verwendet, welches mit gegenüberliegenden Aluminiumelektroden versehen ist (wo-

bei beide Elektroden auch Mehrschicht-Elektroden sein können, in denen verschiedene Materialien Verwendung finden). Als obere Passivierungsschicht ist eine Siliziumnitridschicht vorgesehen, wobei eine typische Dicke dieser Siliziumnitridschicht vorzugsweise zwischen 20 nm und 100 nm liegt.

Die vorliegende Erfindung bietet den Vorteil, dass die obere Elektrode eines BAW-Resonators auch im ungehäusten oder im nicht-hermetisch gehäusten Zustand Umgebungseinflüssen widersteht. Ferner bleibt aufgrund der schützenden Wirkung der oberen Schicht die hohe Leitfähigkeit der darunterliegenden Elektrode erhalten, so dass der Resonatorstrom ohne signifikante Verluste geführt werden kann.

Zusätzlich ist die obere Elektrode auch bei Prozessschritten während der Herstellung der einzelnen BAW-Resonatoren geschützt, wie beispielsweise vor einem elektrochemischen Korrodieren aufgrund des Wassers, welches beim Zersägen der Wafer eingesetzt wird.

Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann die aufgebrachte Passivierungsschicht herangezogen werden, um eine Frequenz des BAW-Resonators auf eine erwünschte Zielfrequenz einzustellen. . Ebenso kann die Passivierungsschicht eingesetzt werden, um in einem BAW-Resonator eine Verstimmung bezüglich einer erwünschten Frequenz einzustellen, wie dies bei Filteranordnungen erforderlich ist, welche eine Mehrzahl von BAW-Resonatoren verwenden. Ein Beispiel ist die sogenannte Leiter-Topologie für Bandpaßfilter, bei der alle Parallel-Resonatoren gegenüber den Serien-Resonatoren verstimmt sind, um die gewünschte Bandpaß-Filterwirkung zu erzielen. Im wesentlichen muß hierbei die sogenannte Parallelresonanz der Parallel-Resonatoren der sogenannten Serienresonanz der Serien-Resonatoren entsprechen, d.h. die Frequenz-Verstimmung zwischen Serien- und Parallelresonatoren entspricht im wesentlichen der Resonator-

Bandbreite (dem Frequenzabstand zwischen den beiden Resonanzfrequenzen eines Resonators).

5 Bevorzugte Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind in den Unteransprüchen definiert.

Nachfolgend werden anhand der beiliegenden Zeichnungen bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung näher erläutert. Es zeigen:

10

Fig. 1 ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen BAW-Resonators; und

15

Fig. 2 ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen BAW-Resonators.

20

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer BAW-Resonator gezeigt, der in seiner Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 100 bezeichnet ist. Der BAW-Resonator 100 umfasst ein Substrat 102, das eine erste, untere Hauptoberfläche 104 und eine zweite, obere Hauptoberfläche 106 umfasst. Auf der zweiten Hauptoberfläche, 106 ist eine erste, untere Elektrode 108 gebildet, die bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel aus Aluminium hergestellt ist. Ferner ist ein isolierender Abschnitt 110 ge-

25

zeigt, der ebenfalls auf der oberen Hauptoberfläche 106 des Substrats 100 angeordnet ist. Auf einem Abschnitt der unteren Elektrode 108 sowie auf dem isolierenden Abschnitt 110 ist eine piezoelektrische Schicht 112 aufgebracht, die bei dem beschriebenen Ausführungsbeispiel eine AlN-Schicht ist. Auf einem Abschnitt der dem Substrat 100 abgewandten Seite der piezoelektrischen Schicht 112 ist eine zweite, obere Elektrode 114, ebenfalls aus Aluminium, gebildet. Der BAW-Resonator bzw. der aktive Bereich desselben, ist durch den Bereich der piezoelektrischen Schicht 112 gebildet, in dem die untere Elektrode 108 und die obere Elektrode 114 sich überlappen.

35

- Wie in Fig. 1 ferner zu sehen ist, umfasst die untere Elektrode 108 einen Abschnitt, der sich von der piezoelektrischen Schicht 112 erstreckt, also von derselben nicht bedeckt ist. In diesem Bereich ist ein erster Anschluss 116 (Eingang oder Ausgang) vorgesehen, über den der BAW-Resonator 100 mit einem Draht 118 anschließbar ist (optional). Ebenso wie die untere Elektrode 108 ist auch die obere Elektrode 114 in einem Abschnitt herausgezogen, wobei dieser Abschnitt dem isolierenden Abschnitt 110 gegenüberliegt. In diesem Bereich ist ein zweiter Anschluss 120 (Ausgang oder Eingang) vorgesehen, über den der BAW-Resonator 100 über einen Draht 122 anschließbar ist (optional). Über die Anschlüsse 116 und 120 wird der BAW-Resonator elektrisch mit anderen Komponenten verbunden.
- Wie in Fig. 1 ferner zu entnehmen ist, umfasst das Substrat einen Reflektorabschnitt 124, in dem ein akustischer Reflektor 126 angeordnet ist, der eine Mehrzahl von Einzelschichten 126a bis 126c aufweist, die wechselweise eine hohe akustische Impedanz und eine niedrige akustische Impedanz aufweisen.
- Durch den akustischen Reflektor 126 ist die darüber angeordnete BAW-Resonatoranordnung akustisch von den unter dem Reflektor 126 liegenden Abschnitten des Substrats 102 entkoppelt.
- Um die obere Elektrode 114 zu schützen, und um dadurch auf den Einsatz von hermetischen Gehäusen erfindungsgemäß verzichten zu können, ist die der piezoelektrischen Schicht 112 abgewandte Oberfläche der oberen Elektrode 114 mit einer Passivierungsschicht 128 bedeckt. Grundsätzlich ist es ausreichend, nur die obere Oberfläche der Elektrode 114 mit der Passivierungsschicht zu bedecken. Aufgrund der Dimension des BAW-Resonators, die Schichtdicken der Schichten 108, 112, 114 liegen im Regelfall im μm - oder nm -Bereich, sind die Flankenbereiche wenig kritisch und müssen nicht zwingend von der Passivierungsschicht bedeckt sein. Allerdings kann die Passivierungsschicht 124, wie bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel, auch die gesamte freiliegende Oberfläche der

Schichtfolge 110, 112 bedecken. Die Kontakte 116, 120 werden vorzugsweise nach dem Aufbringen der Passivierungsschicht gebildet, indem in derselben entsprechende Bereiche freigelegt werden. Die Passivierungsschicht 128 ist bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel eine Siliziumnitridschicht.

Bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel in Fig. 1 wurde für die piezoelektrische Schicht ein Aluminiumnitridmaterial verwendet, welches sich in feuchten Umgebungen nicht verschlechtert, und insbesondere korrosionsbeständig ist. Ferner wird als Material für die Elektrodenschichten Aluminium verwendet, welches ohne weiteres in Standardprozessen der Halbleiterfertigung verfügbar ist, eine hohe Leitfähigkeit bietet und gleichzeitig als Anschlussflächenmetallisierung (siehe Fig. 1) verwendet werden kann.

Weitere Ausführungsbeispiele umfassen die Fälle, in denen die untere Elektrode 108 aus einem anderen Material besteht oder eine Mehrschichtelektrode ist, sowie die Fälle, in denen die obere Elektrode 114 aus einem anderen Material besteht bzw. eine Mehrschichtelektrode ist.

Eine typische Dicke des Siliziumnitridfilms liegt etwa zwischen 20 nm und 200 nm.

Um die Zuverlässigkeit der Passivierungsschicht 128 sicherzustellen, wurden Vergleichsversuche angestellt (Pressure Cooker Test). Hierbei wurde zunächst ein BAW-Resonator bzw. eine BAW-Filteranordnung welche eine Mehrzahl von BAW-Resonatoren umfasst, die jeweils obere Elektroden aus Aluminium ohne Passivierungsschicht umfassten, in einem nicht-hermetischen Gehäuse eingeschlossen. Die nicht-hermetische Abschottung der einzelnen BAW-Resonatoren führte zu einer Korrosion der oberen Aluminiumelektroden aufgrund des in dem Gehäuse auftretenden Niederschlags, so dass die so gehäusten BAW-Filter nicht mehr funktionsfähig waren, weil sich ihre Filtercharakteristik geändert hatte. Bei einem gleich aufgebauten BAW-

Filter mit einer Mehrzahl von BAW-Resonatoren ohne Passivierungsschicht, das in einem geöffneten, nicht-hermetischen Gehäuse angeordnet war, wurde die oben beschriebene Korrosion der oberen Elektroden nicht festgestellt, da es hier zu keiner Tröpfchenbildung durch Kondensation kam. Bei einem gleich aufgebauten BAW-Filter mit einer Mehrzahl von BAW-Resonatoren mit der erfindungsgemäßen Passivierungsschicht, das in einem nicht-hermetischen Gehäuse angeordnet war, wurde die oben beschriebene Korrosion der oberen Elektroden nicht festgestellt.

Allgemein bietet die vorliegende Erfindung den Vorteil, dass lediglich ein dünner Film, z. B. aus Siliziumnitrid, ausreichend ist, um einen sehr guten Schutz der oberen Elektrode zu gewährleisten. Dieser dünne Passivierungsfilm ist auch akustisch dünn, d.h. er beeinflusst das Resonanzverhalten des Resonators nur in geringem Maße. Ein weiterer Vorteil der Verwendung des sehr dünnen Passivierungsfilmes besteht darin, dass dieser gezielt für eine Verbesserung des Temperaturkoeffizienten für Temperaturverschiebungen (TCF) eingesetzt werden kann.

Der von der vorliegenden Erfindung gelehrt Ansatz Passivierungsschichten bei BAW-Resonatoren zu verwenden, ist bisher noch nie verfolgt worden, da immer davon ausgegangen wurde, dass Passivierungsschichten das akustische Verhalten der BAW-Resonatoren zu stark beeinflussen, und insbesondere die Bandbreite deutlich verschlechtern. Die vorliegende Erfindung lehrt einen sehr dünnen Passivierungsfilm, der die erforderlich Schutzwirkung entfaltet, jedoch im wesentlichen keinen Einfluss auf die akustischen Eigenschaften des BAW-Resonators hat. Im Gegensatz zu dicken Passivierungsstapeln aus Siliziumnitrid und Siliziumoxid, wie sie z. B. bei Standard CMOS-Prozessen eingesetzt werden, besteht der Hauptaspekt der Passivierungsschichten auf einem BAW-Filter nicht darin, eine Diffusion von Alkali-Ionen in das Substrat zu verhindern, sondern vielmehr soll die Korrosion der oberen Elektrode ver-

hindert werden. Eine gewisse Diffusionsrate und sogar sogenannte Pinhole-Defekte sind akzeptabel, solange hierbei keine Korrosion der Elektrode festgestellt wird.

5 Nachfolgend wird anhand der Fig. 2 ein zweites bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung näher erläutert, wobei hier ähnliche oder gleiche Elemente, die bereits anhand der Fig. 1 beschrieben wurden, mit den gleichen Bezugszeichen versehen sind und nicht erneut näher erläutert werden. In Fig. 2 ist ein BAW-Resonator 200 gezeigt, der wiederum ein Substrat 102 umfasst, auf dessen oberer Oberfläche 106 eine erste Elektrode 108 gebildet ist. Auf dieser Elektrode ist wiederum die piezoelektrische Schicht 112 gebildet, auf der die obere Elektrode 114 des BAW-Resonators erzeugt wurde. Anders als bei dem in Fig. 1 gezeigten Ausführungsbeispiel ist bei dem in Fig. 2 gezeigten Ausführungsbeispiel die Passivierungsschicht 128 vollständig auf der Oberfläche der Anordnung abgeschieden, so dass also neben der oberen Elektrode 114 auch die freiliegenden Abschnitte der oberen Oberfläche 106 des Substrats 102 sowie die Seitenwände des Schichtstapels 108, 112, 114 von der Passivierungsschicht 128 bedeckt sind. Diese Abscheidung der Passivierungsschicht ist ausführungsmäßig und herstellungstechnisch zu bevorzugen, da hierdurch ein kompletter Schutz der Wafer- bzw. Chipoberfläche in einem Arbeitsgang erzielt werden kann (wobei die Kontaktflächen der Pads natürlich zu öffnen sind).

Anders als bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel ist hier kein akustischer Reflektor zur Entkopplung des aktiven Bereichs des Resonators von einem Substratbereich vorgesehen, sondern vielmehr wird hier eine Ausnehmung 130 in der unteren Oberfläche 104 des Substrats 102 gebildet, um einen Membranbereich 132 festzulegen, wodurch der Resonatorbereich akustisch von dem Substrat 102 entkoppelt ist.

35 Gemäß der Fig. 2 besteht der Membranbereich 132 aus einer Trägermembran aus dem Substratmaterial, auf der sich der eigentliche Resonator bestehend aus piezoelektrischer Schicht

mit unterer und oberer Elektrode befindet. Solche Anordnungen lassen sich mit den Mitteln der sogenannten Volumen-Mikromechanik (bulk micromachining) herstellen. Alternativ können jedoch auch Membranstrukturen verwendet werden, bei denen die Trägermembran aus einer dünnen abgeschiedenen Schicht wie z.B. Polysilizium oder Siliziumnitrid besteht, und die durch einen dünnen Hohlraum vom Substratmaterial entkoppelt sind. Solche Membranlösungen können mittels Oberflächen-Mikromechanik (surface micromachining) hergestellt werden. Desweiteren sind Membranstrukturen möglich, bei denen die Membran rein aus dem piezoelektrischen Material samt unterer und oberer Elektrode besteht und auf eine Träger-Membran verzichtet.

Zusätzlich zu der oben detailliert beschriebenen Passivierung der oberen Elektrode zum Schutz derselben vor Korrosion und anderen Einflüssen kann die Passivierungsschicht 128 auch noch zur Einstellung oder zum Verstimmen der Resonanzfrequenzen des BAW-Resonators herangezogen werden. Hierzu ist es allgemein erforderlich, die Dicke der Passivierungsschicht entsprechend einzustellen. Obwohl anhand der Fig. 1 und 2 bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung beschrieben wurden, bei denen als Elektrodenmaterial Aluminium, als Passivierungsmaterial Siliziumnitrid und als piezoelektrisches Schichtmaterial Aluminiumnitrid verwendet wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Materialien beschränkt.

Die Passivierungsschicht kann allgemein aus einer Oxidschicht, einer Nitridschicht, einer Kombination derselben oder aus einem Edelmetall hergestellt sein. Vorzugsweise besteht die Passivierungsschicht aus Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Al_2O_3 , Ta_2O_3 , TiN , Au oder Pt . Hinsichtlich der Verwendung von Titanitrid (TiN), Au , und PT wird darauf hingewiesen, dass es sich hierbei um leitfähiges Materialen handelt, welche, zur Vermeidung von Kurzschlüssen, entsprechend der

Form der Elektrode 114, welche zu schützen ist, zu strukturieren sind.

5 Ferner wurde oben beschrieben, dass die Passivierungsschicht vorzugsweise eine Dicke von etwa 20 nm bis 200 nm hat. Diese Dicken können auch größer oder kleiner sein, solange sichergestellt ist, dass die aufgebrachte Passivierungsschicht die akustischen Eigenschaften des BAW-Resonators nicht in unzulässiger Weise verschlechtert.

10

Obwohl anhand der Fig. 1 und 2 Ausführungsbeispiele beschrieben wurden, bei dem die piezoelektrische Schicht sowie die einzelnen Elektroden als Einzelschichten beschrieben wurden, ist die vorliegende Erfindung nicht auf diese Ausgestaltung
15 beschränkt. Die piezoelektrische Schicht 112 kann beispielsweise durch eine erste Schicht und eine zweite Schicht gebildet sein, wobei die erste Schicht ein piezoelektrisches Material mit einer ersten Orientierung und die zweite Schicht ein piezoelektrisches Material mit einer zweiten Orientierung um-
20 fasst, wobei die Orientierungsrichtungen der zwei Materialien entgegengesetzt sind. Die zwei Schichten in der Schichtfolge 112 sind akustisch gekoppelt. Anstelle der zwei unterschiedlichen Schichten kann die piezoelektrische Schicht aus einem Material bestehen, z. B. PZT, welches derart aufgewachsen
25 wurde, dass in einem ersten Abschnitt eine Orientierung in eine erste Richtung gerichtet ist, und in einem zweiten Abschnitt eine Orientierung in eine zweite, zur ersten Richtung entgegengesetzte Richtung gerichtet ist. Anstelle der nur zwei Schichten kann die piezoelektrische Schicht 112 auch ei-
30 ne Mehrzahl von ersten und zweiten Schichten bzw. ersten und zweiten Abschnitten umfassen, die abwechselnd akustisch miteinander gekoppelt sind.

Ferner können anstelle der einschichtigen Elektroden 108 und
35 114 auch mehrschichtige Elektroden verwendet werden, die dann unterschiedliche Materialien, z. B. Materialien mit unter-

schiedlicher akustischer Impedanz (z.B. Al, W) wechselweise umfassen.

Bezugszeichenliste

	100	BAW-Resonator
	102	Substrat
5	104	untere Hauptoberfläche des Substrats
	106	obere Hauptoberfläche des Substrats
	108	untere Elektrode
	110	isolierender Abschnitt
	112	piezoelektrische Schicht
10	114	obere Elektrode
	116	erster Anschluss
	118	Draht
	120	zweiter Anschluss
	122	Draht
15	124	Reflektorabschnitt
	126	akustischer Reflektor
	126a - 126c	Einzelsschichten des akustischen Reflektors
	128	Passivierungsschicht
	130	Ausnehmung in dem Substrat
20	132	Membranbereich

Patentansprüche

1. BAW-Resonator mit

5 einem Substrat (102);

einer ersten Elektrode (108), die auf einer Oberfläche (106) des Substrats (102) angeordnet ist;

10 einer piezoelektrischen Schicht (112), die zumindest teilweise auf der ersten Elektrode (108) angeordnet ist;

einer zweiten Elektrode (114), die zumindest teilweise auf der piezoelektrischen Schicht (112) und zumindest teilweise
15 überlappend mit der ersten Elektrode (108) angeordnet ist;
und

einer Passivierungsschicht (128), die auf der zweiten Elektrode (114) angeordnet ist, um die zweite Elektrode (114) zu
20 schützen.

2. BAW-Resonator nach Anspruch 1, bei dem die Passivierungsschicht (128) eine akustisch dünne Schicht ist, die die Resonatoreigenschaften im wesentlichen nicht beeinflusst.
25

3. BAW-Resonator nach Anspruch 1 oder 2, bei dem die Passivierungsschicht (128) eine Oxidschicht, eine Nitridschicht, eine Kombination derselben oder ein Edelmetall umfasst.

30 4. BAW-Resonator nach Anspruch 3, bei dem die Passivierungsschicht (128) aus einem Material besteht, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Siliziumoxid, Siliziumnitrid, Al_2O_3 , Ta_2O_3 , TiN, Gold oder Platin umfasst.

35 5. BAW-Resonator nach Anspruch 4, bei dem die Passivierungsschicht (128) eine strukturierte TiN-, Gold- oder Platin-schicht umfasst.

6. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Passivierungsschicht (128) eine Dicke von etwa 20 nm bis etwa 200 nm hat.

5

7. BAW-Resonator nach Anspruch 6, bei dem die Passivierungsschicht (128) eine Dicke von etwa 20 nm bis etwa 100 nm hat.

8. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Passivierungsschicht (128) angeordnet ist, um die zweite Elektrode (114) von der Umgebung zu trennen.

9. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem die Passivierungsschicht (128) angeordnet ist, um die freiliegenden Abschnitte der ersten Elektrode (108), der piezoelektrischen Schicht (112), der zweiten Elektrode (114) und/oder des Substrats (102) zu bedecken.

10. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Passivierungsschicht (128) nach dem Aufbringen derselben auf eine vorbestimmte Dicke einstellbar ist, um eine Frequenz des BAW-Resonators auf eine Zielfrequenz einzustellen, oder um eine Verstimmung des BAW-Resonators gegenüber einer vorbestimmten Frequenz einzustellen.

25

11. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem das Substrat (102) einen akustischen Reflektor (126) oder einen Membranbereich (132) umfasst, um die piezoelektrische Schicht (112) akustisch von dem Substrat (102) zu trennen.

30

12. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem die piezoelektrische Schicht (112) eine erste Schicht aus einem piezoelektrischen Material, das in eine erste Richtung orientiert ist, und eine zweite Schicht aus einem piezoelektrischen Material, das in eine zweite Richtung, die der ersten Richtung entgegengesetzt ist, orientiert ist, umfasst, wobei die erste und die zweite Schicht akustisch miteinander gekop-

35

pelt sind, oder bei dem die piezoelektrische Schicht (112) zumindest zwei akustisch gekoppelte Abschnitte mit entgegengesetzter Orientierung umfasst.

- 5 13. BAW-Resonator nach Anspruch 12, bei dem die piezoelektrische Schicht (112) eine Mehrzahl von ersten Schichten und eine Mehrzahl von zweiten Schichten umfasst, die abwechselnd akustisch miteinander gekoppelt sind.
- 10 14. BAW-Resonator nach einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem die erste Elektrode (108) und/oder die zweite Elektrode (114) eine Mehrzahl von Schichten umfassen.
- 15 15. BAW-Resonator nach Anspruch 14, bei dem die erste Elektrode (108) und/oder die zweite Elektrode (114) Aluminium und Wolfram umfassen.
16. BAW-Filter mit einem oder mehreren BAW-Resonatoren (100; 200) nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

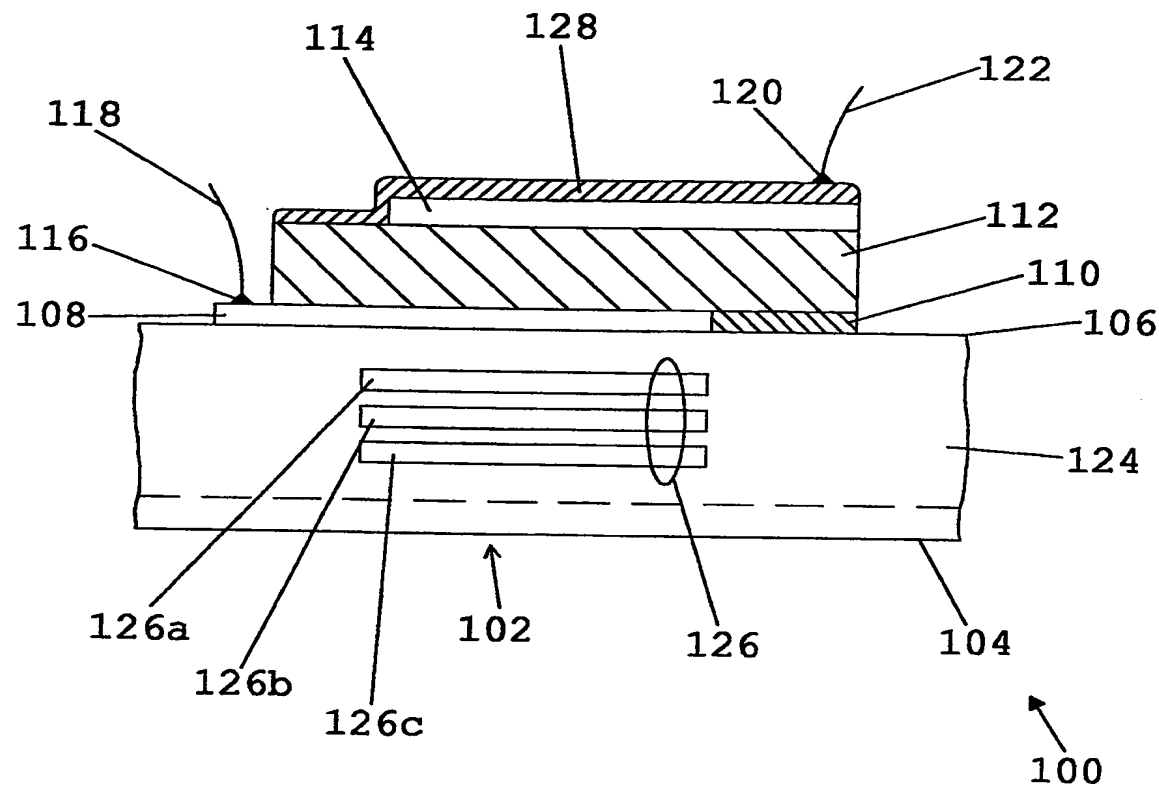


FIG 1

THIS PAGE BLANK (USPTO)

2/2

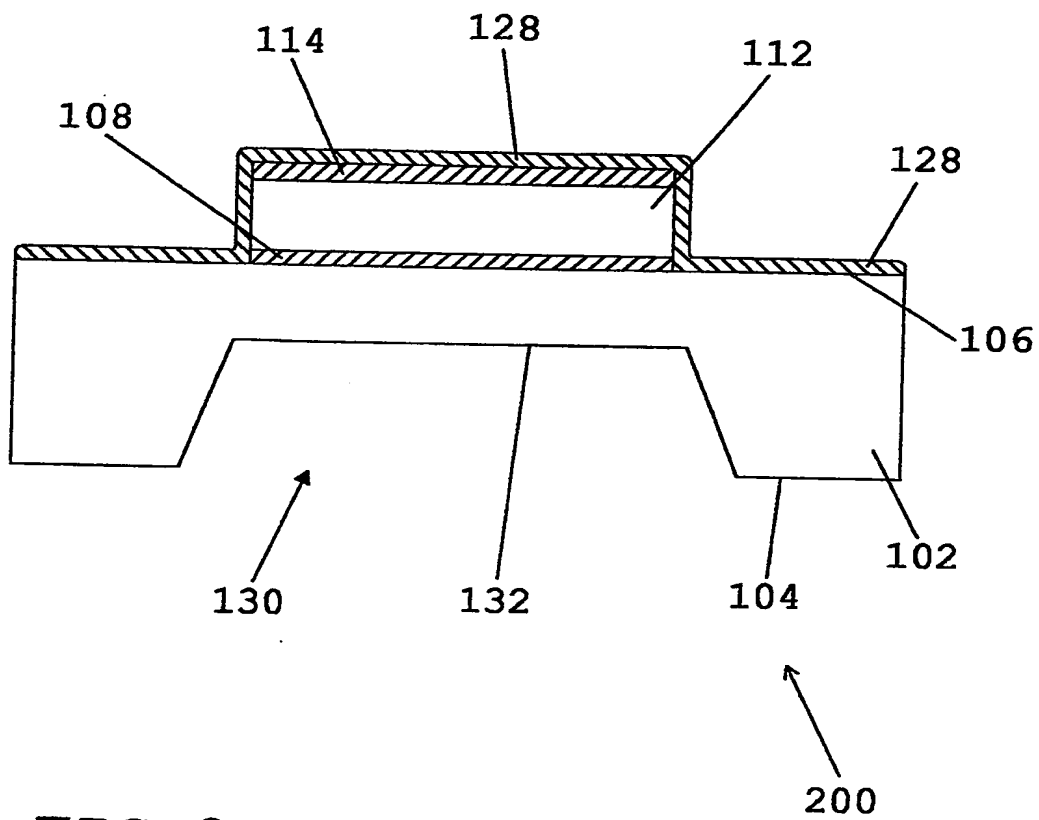


FIG 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/EP 02/11425

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H03H3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 692 279 A (HICKERNELL FRED S ET AL) 2 December 1997 (1997-12-02)	1-4
Y	abstract; figures 4-6 column 2, line 32-43 column 4, line 63-65 column 4, line 67 -column 5, line 6	5-16
X	EP 1 047 189 A (MURATA MANUFACTURING CO) 25 October 2000 (2000-10-25)	1-4
Y	abstract; figures 3,4	11-16
A	page 2, line 6,7,15,16 page 3, line 8 page 4, line 1,2,5-10,19,20,39,40	5-10
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

A document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

E earlier document but published on or after the international filing date

L document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

O document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

P document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

T later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

X document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

Y document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

& document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 January 2003

Date of mailing of the international search report

12/02/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Plathner, B-D

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 02/11425

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 6 249 074 B1 (LIND THEODORE ET AL) 19 June 2001 (2001-06-19)	1-4
Y	abstract	5-10
A	column 1, line 13-17, 25, 26, 29, 30, 51, 52 column 2, line 30-33 column 3, line 13-18, 25-39, 48-50 column 4, line 33 column 5, line 13-16, 23, 26, 27, 37-41 column 6, line 21, 22, 29	11-16
X	US 4 638 536 A (VIG JOHN R) 27 January 1987 (1987-01-27)	1-4
A	abstract column 2, line 29-41	5-16
X	EP 0 865 157 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 16 September 1998 (1998-09-16)	1-3
A	abstract; figures 7A, 8A, 10B, 13A, 13C column 3, line 10-21 column 17, line 32-35	8, 9, 11, 16
X	US 4 456 850 A (INOUE TAKESHI ET AL) 26 June 1984 (1984-06-26)	1-4
A	abstract; figures 3, 7 column 2, line 18, 19, 65-68 column 6, line 3-5 column 6, line 64 - column 7, line 1 column 7, line 33-35, 54-58 column 8, line 6, 23	5-16

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 02/11425

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5692279	A	02-12-1997	CN 1148291 A JP 9064683 A	23-04-1997 07-03-1997
EP 1047189	A	25-10-2000	JP 2000307377 A EP 1047189 A2 US 6437482 B1	02-11-2000 25-10-2000 20-08-2002
US 6249074	B1	19-06-2001	CN 1276918 T EP 1029372 A1 JP 2001514456 T WO 9910938 A1	13-12-2000 23-08-2000 11-09-2001 04-03-1999
US 4638536	A	27-01-1987	NONE	
EP 0865157	A	16-09-1998	US 5872493 A EP 0865157 A2 JP 10270979 A	16-02-1999 16-09-1998 09-10-1998
US 4456850	A	26-06-1984	JP 1048694 B JP 1563450 C JP 58137317 A	20-10-1989 12-06-1990 15-08-1983

INTERNATIONALE RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/11425

A. KLASIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 H03H3/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 5 692 279 A (HICKERNELL FRED S ET AL) 2. Dezember 1997 (1997-12-02)	1-4
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 4-6 Spalte 2, Zeile 32-43 Spalte 4, Zeile 63-65 Spalte 4, Zeile 67 - Spalte 5, Zeile 6	5-16
X	EP 1 047 189 A (MURATA MANUFACTURING CO) 25. Oktober 2000 (2000-10-25)	1-4
Y	Zusammenfassung; Abbildungen 3,4	11-16
A	Seite 2, Zeile 6,7,15,16 Seite 3, Zeile 8 Seite 4, Zeile 1,2,5-10,19,20,39,40	5-10
	-/-	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

A Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

E älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

L Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgetilgt)

O Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

P Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindertischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

Z Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

31. Januar 2003

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

12/02/2003

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Plathner, B-D

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
X	US 6 249 074 B1 (LIND THEODORE ET AL) 19. Juni 2001 (2001-06-19)	1-4
Y	Zusammenfassung	5-10
A	Spalte 1, Zeile 13-17,25,2629,30,51,52 Spalte 2, Zeile 30-33 Spalte 3, Zeile 13-18,25-39,48-50 Spalte 4, Zeile 33 Spalte 5, Zeile 13-16,23,26,27,37-41 Spalte 6, Zeile 21,22,29	11-16
X	US 4 638 536 A (VIG JOHN R) 27. Januar 1987 (1987-01-27)	1-4
A	Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 29-41	5-16
X	EP 0 865 157 A (NOKIA MOBILE PHONES LTD) 16. September 1998 (1998-09-16)	1-3
A	Zusammenfassung; Abbildungen 7A,8A,10B,13A,13C Spalte 3, Zeile 10-21 Spalte 17, Zeile 32-35	8,9,11, 16
X	US 4 456 850 A (INOUE TAKESHI ET AL) 26. Juni 1984 (1984-06-26)	1-4
A	Zusammenfassung; Abbildungen 3,7 Spalte 2, Zeile 18,19,65-68 Spalte 6, Zeile 3-5 Spalte 6, Zeile 64 -Spalte 7, Zeile 1 Spalte 7, Zeile 33-35,54-58 Spalte 8, Zeile 6,23	5-16

INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 02/11425

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 5692279	A	02-12-1997	CN	1148291 A	23-04-1997
			JP	9064683 A	07-03-1997
EP 1047189	A	25-10-2000	JP	2000307377 A	02-11-2000
			EP	1047189 A2	25-10-2000
			US	6437482 B1	20-08-2002
US 6249074	B1	19-06-2001	CN	1276918 T	13-12-2000
			EP	1029372 A1	23-08-2000
			JP	2001514456 T	11-09-2001
			WO	9910938 A1	04-03-1999
US 4638536	A	27-01-1987	KEINE		
EP 0865157	A	16-09-1998	US	5872493 A	16-02-1999
			EP	0865157 A2	16-09-1998
			JP	10270979 A	09-10-1998
US 4456850	A	26-06-1984	JP	1048694 B	20-10-1989
			JP	1563450 C	12-06-1990
			JP	58137317 A	15-08-1983

THIS PAGE BLANK (USPTO)